Une nouvelle transition ordre-désordre dans Fe-Ni (50-50)

J. Paulevé, D. Dautreppe, J. Laugier, L. Néel

► To cite this version:

J. Paulevé, D. Dautreppe, J. Laugier, L. Néel. Une nouvelle transition ordre-désordre dans Fe-Ni (50-50). J. Phys. Radium, 1962, 23 (10), pp.841-843. 10.1051/jphysrad:019620023010084100 . jpa-00236692

HAL Id: jpa-00236692

<https://hal.science/jpa-00236692>

Submitted on 1 Jan 1962

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNE NOUVELLE TRANSITION ORDRE-DÉSORDRE DANS Fe-Ni (50-50)

Par J. PAULEVÉ, D. DAUTREPPE, J. LAUGIER et L. NÉEL,

Section de Physique du Solide, Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble

Résumé. — Des expériences d'irradiation aux neutrons sous champ magnétique d'alliages Fe-Ni (50-50) ont permis de découvrir une transition ordre-désordre du type Au Cu dont la température critique est 320 °C. L'ordre ne peut s'établir que sous irradiation étant donné la valeur trop faible du coefficient de diffusion autour de 300 °C. Un effet directeur du champ magnétique appliqué, dû aux couplages magnétiques des liaisons avec l'aimantation favorise le développement de l'axe tétragonal dans la direction du champ pour les cristallites dont un axe [100] est voisin de la direction du champ. Une étude sur des monocristaux montre que cet axe tétragonal est le seul axe de facile aimantation de la structure ordonnée.

Abstract. — Neutrons irradiation experiments under magnetic fields on Fe-Ni alloys (50-50) have led to discovery of a new order-disorder transition of the type Au Cu of which the critical temperature is 320 °C. The diffusion coefficient at temperatures of the order of 300 °C being very low, the ordering can only be established under irradiation. The directing effect of the applied magnetic field due to the magnetic coupling of the bonds with the magnetization favours the development of the tetragonal axis in the direction of the field for the crystallites whose [100] axis lies in the neighbourhood of the direction of the field. A study on the single crystal shows that this tetragonal axis is the only axis of easy magnetization in the ordered structure.

Les premières expériences d'irradiation aux neutrons sous champ magnétique, à température ordinaire, d'alliages polycristallins de fer-nickel avaient mis en évidence [1] l'apparition d'une anisotropie magnétique uniaxiale que nous proposons d'interpréter comme l'effet de l'établissement d'une surstructure d'orientation [2].

La poursuite des irradiations dans une large gamme de température, montre que dans le cas de l'alliage fer-nickel à 50 %, le phénomène est plus complexe. Les figures 1, 2, 3 représentent les varia-

sont faites dans la pile piscine Mélusine. Le flux indiqué est le flux rapide intégré d'énergie supérieure à 1 MeV. Il représentait environ 15 % du flux neutronique total.

FIG. 1. — Énergie d'anisotropie en fonction du flux rapide intégré à 30 °C et 200 °C.

tions de l'énergie d'anisotropie E observées, à diverses températures, en fonction du flux intégré, sur des échantillons polycristallins. Les irradiations

FIG. 2. — Énergie d'anisotropie en fonction du flux rapide intégré à 300 °C.

L'anisotropie obtenue est toujours uniaxiale et la direction de facile aimantation macroscopique coïncide avec celle du champ magnétique appliqué pendant l'irradiation. L'anisotropie atteint, à 300 °C, après une irradiation de $1,7 \cdot 10^{19}$ nvt (rapides) ; $2 \cdot 10^6$ ergs/cm³, valeur incompatible avec une surstructure d'orientation.

L'étude de la diffraction des rayons X (raie $K\alpha$ du cobalt) sur cet échantillon irradié à 300 °C, a

permis malgré de nombreuses difficultés de mettre en évidence l'existence dans les cristallites d'une surstructure du type Au Cu (L 10). Les difficultés de cette mise en évidence résultaient :

1) de la présence d'un rayonnement γ ; 2) de la texture à gros grains de l'échantillon ; 3) de la faiblesse du contraste dû à la quasi-similitude des facteurs de diffusion du fer et du nickel.

Nous avons pris toutes les précautions pour éviter les raies dues à une réflexion $\lambda/2$, c'est-à-dire :

- 1) Suppression du monochromateur.
- 2) Canal sélecteur aussi étroit que possible.
- 3) Vérification que l'absorption était la même pour les raies (100) et (200) par l'interposition de feuille d'aluminium devant la fenêtre du compteur.
- 4) Observation des raies de surstructures pour des tensions d'excitation de l'ordre de 10 kV, intermédiaires entre les tensions d'excitation de $\lambda(K\alpha)$ et $(\lambda/2)(K\alpha)$.

Nous n'avons pas observé de déformation quadratique, ni de variation de paramètre, à la précision de $5 \cdot 10^{-4}$, par rapport à la maille initiale.

Il y a donc eu établissement d'un ordre à longue distance des atomes de fer et nickel. L'examen des raies de surstructure des cristallites révèle la présence de plans de fer et de nickel (100) et (110) sensiblement perpendiculaires au champ magnétique de traitement. Étant donné l'anisotropie magnétique macroscopique observée, il faut admettre que par suite des interactions magnétiques des liaisons avec l'aimantation, les domaines ordonnés ne se développent pas au hasard.

On pourrait en particulier penser que dans les cristallites ayant un axe [100] ou [110] sensiblement parallèle à l'aimantation imposée par le champ de traitement, l'ordre développe préférentiellement des plans alternés de fer et de nickel perpendiculaires à ces axes. On serait également tenté d'en conclure qu'il existe dans la nouvelle structure trois axes de facile aimantation : [100], [011] et [011]. Pour vérifier ces conclusions nous avons effectué la même expérience avec un disque monocristallin dont le plan était (110). Pendant l'irradiation le champ était dirigé dans le plan du disque suivant la direction [100]. Un ordre à longue distance s'est développé pendant l'irradiation ; l'axe de facile aimantation de la structure ordonnée était aligné avec la direction du champ. Cet axe était le seul axe de facile aimantation de la nouvelle structure. Par conséquent, il semble que dans l'expérience sur l'échantillon polycristallin la présence des plans alternés de fer et de nickel (110) perpendiculaires à la direction du champ ne soit pas due à l'effet directeur de ce champ.

Cette apparition d'une forte anisotropie dans les cristallites s'accompagne naturellement d'une forte augmentation du champ coercitif qui atteint plus de 40 oersteds, au lieu de 0,5 dans l'échantillon non irradié, et d'une diminution considérable de per-

méabilité. Les valeurs de l'aimantation à saturation mesurées [3] dans un champ de 30 000 oersteds ne sont pas sensiblement modifiées. Par contre, du fait de la dispersion de la direction de facile aimantation d'un cristallite à l'autre, la saturation n'est atteinte que dans des champs de 6 000 oersteds parallèlement au champ de traitement et 15 000 dans la direction perpendiculaire. L'apparition d'un état ordonné à 300° est confirmée par la mesure de la résistance électrique en pile qui accuse une importante diminution, caractéristique de l'établissement de l'ordre. Des études de cinétique se poursuivront actuellement mais leurs résultats sont déjà parfaitement significatifs.

L'examen des courbes d'établissement de l'anisotropie magnétique E , à diverses températures, montre que la forte anisotropie due à l'ordre n'apparaît plus au-dessus de 330 °C. En fait, nos dernières expériences sur la résistance électriques situent la température critique à 320 °C (± 2 °C). Aux plus basses températures, les durées d'irradiation ont été insuffisantes pour permettre d'atteindre de très fortes valeurs de E , mais un échantillon présentant une très forte anisotropie établie à 300 °C et irradié à température plus basse donne toujours un accroissement de E , montrant ainsi que le degré d'ordre permis à basse température n'est pas encore atteint, ce qui est en accord avec les théories de l'ordre.

Au-dessus de 330 °C, on atteint rapidement (fig. 3) une valeur limite de E . Cette énergie d'anisotropie peut être due à l'ordre à courte distance ou à

FIG. 3. — Énergie d'anisotropie en fonction du flux rapide intégré à 370 °C.

une surstructure d'orientation, les valeurs extrapolées des expériences de Ferguson [1] sont en effet compatibles avec les valeurs observées à 370 °C.

Signalons que Dekhtyar et Iasantseva [4] avaient déjà pu mettre en évidence vers 300-360 °C, sur un alliage de fer-nickel à 50 %, des anomalies de perméabilité, champ coercitif et aimantation à saturation qu'ils attribuaient à un ordre à courte distance.

En conclusion, l'activation des processus de diffusion par irradiation, déjà exploitée par plusieurs auteurs pour l'étude des transformations ordre-désordre [5], [6], a permis ici de mettre en évidence une transformation ordre-désordre inconnue, impossible à établir par traitement thermique à

cause de sa trop basse température critique.

On note de plus, au cours de l'établissement de l'ordre, l'influence directrice du champ magnétique qui opère une sélection entre différents plans cristallographiquement identiques.

BIBLIOGRAPHIE

[1] PAULEVÉ (J.) et DAUTREPPE (D.), <i>C. R. Acad. Sc.</i> , 1960, 250 , 3804.	[4] DEKHTYAR (M. V.) et KASANTSEVA (N. M.), <i>Fiz. Metalloved</i> , 1961, 8 , 412.
[2] NÉEL (L.), <i>J. Physique Rad.</i> , 1954, 15 , 225.	[5] DIENES et DAMASK, <i>J. Appl. Phys.</i> , 1958, 29 , 1713.
[3] PAUTHENET (R.), Communication privée.	[6] KERNOHAN (R. H.) et WECHSLER (M. S.), <i>J. Phys. Chem. Solids</i> , 1961, 18 , 175.
-
-